

Evaluación de la dispersión de CO, SO₂ y NO_x provenientes de las emisiones atmosféricas del ingenio de Santa Rosalía, Cárdenas Tabasco

MIPA Sergio Ramos Herrera,
Ing. Amb. Anabel Castellanos Solís
Dr. Raúl Bautista Margulis
M en C. Arturo Valdez Manzanilla

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la simulación de la dispersión de SO₂, CO y NO_x emitidos por las dos chimeneas del Ingenio Azucarero de Santa Rosalía, ubicado en el municipio de Cárdenas, Tabasco. La simulación se efectuó con el modelo "Industrial Source Complex" para el periodo comprendido entre febrero y mayo de 2007. Los resultados indican principalmente un área de máxima concentración hacia el Sureste (S-E) de la planta. Los valores más altos de estos tres contaminantes fueron de 0.0046, 0.002 y 19.35 en µg/m³ respectivamente. Los niveles de concentración en el área crítica no rebasaron el límite máximo permisible según la normatividad (NOM-022-SSA-1-1994, NOM-021-SSA-1-1994).

Introducción

La industria azucarera ha llevado a cabo transformaciones con el propósito de aumentar su producción, y a la vez esto ha aumentado la producción de la cosecha de caña. En el estado se cuenta con los Ingenios Azucareros de Santa Rosalía y Benito Juárez, ubicados en el municipio de Cárdenas; y los de Azuremex-T, ubicados en el municipio de Tenosique. Como es característico de todo sector industrial, el Ingenio de Santa Rosalía genera emisiones al ambiente. Entre estas podemos mencionar las emisiones de gases de combustión a la atmósfera debido al uso de combustóleo y bagazo en las calderas para generar el vapor necesario y así accionar tanto las turbinas que mueven motores como los turbo-generadores en la planta (Cáliz-Gaspar, 2006). El impacto que estas emisiones tienen en la calidad del aire puede evaluarse mediante el monitoreo del aire (Valdez *et al.*, 2004) o mediante la aplicación de modelos de dispersión.

El modelo Industrial Source Complex (ISC) basado en la pluma gaussiana de estado estable, se ha aplicado en la evaluación de las concentraciones de contaminantes como el monóxido de carbono y en la detección de áreas críticas (Vázquez, 2006). También se ha utilizado en la simulación de la variación horaria y diaria de SO₂ en puntos receptores de interés. Los resultados se han comparado con los monitoreos realizados en los mismos obteniéndose bastante similitud, principalmente en las concentraciones en puntos receptores localizados en la dirección predominante de los vientos y para velocidades de vientos elevada (Lazo et al., 2006). Modelos más complejos como el CALPUFF y el California/Carnegie Institute of Technology se han utilizado para simular los efectos de las condiciones meteorológicas tanto espaciales como temporales sobre el transporte a gran escala de contaminantes como el SO₂, NO_x, CO y partículas suspendidas (Valdés *et al.*, 2008; Mendoza y Granel, 2007). Como se observa, los modelos de dispersión son una herramienta en la evaluación de la calidad el aire y la identificación de áreas críticas.

Objetivos y Metas

El objetivo de esta investigación fue simular la dispersión de SO₂, CO y NO_x emitidos por las dos chimeneas en el Ingenio Azucarero La Chontalpa (Santa Rosalía), en Cárdenas Tabasco e identificar áreas fuera de la planta donde se alcanzan máximos de concentración de SO₂ y CO que se emiten a través de dos chimeneas.

Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Ingenio Azucarero Santa Rosalía que se ubica en la comunidad del mismo nombre y que pertenece al municipio de Cárdenas, Tabasco. En la Figura 1 se presenta un croquis del área de estudio dónde se indica la planta, las dos chimeneas y los alrededores. Su vértice se ubica en las coordenadas UTM 460 905 m Este y 1 998 729 m Norte, y tanto al Este como hacia el Oeste se extiende 1.5 km. El periodo de estudio comprendió del 30 de enero al 25 mayo de 2007, periodo en que se realizó la zafra y hubo actividad en el Ingenio.

Los datos de fuente como son tasa de consumo de combustóleo y bagazo de las calderas, altura y diámetro de las chimeneas, velocidad y temperatura de los gases de salida se obtuvieron de los datos de operación en calderas. Los datos meteorológicos horarios (velocidad

y dirección de los vientos, temperatura del aire, altura de techo de nubes y cubierta nubosa opaca) se recopilaron del observatorio meteorológico que administra la CONAGUA en el periodo correspondiente. La altura de la capa de mezcla de la mañana y la tarde para esta zona se generaron a través del modelo ETA que simula datos de la atmósfera elevada y que puede consultarse en la página WEB del National Oceanic and Atmospheric Administration's.

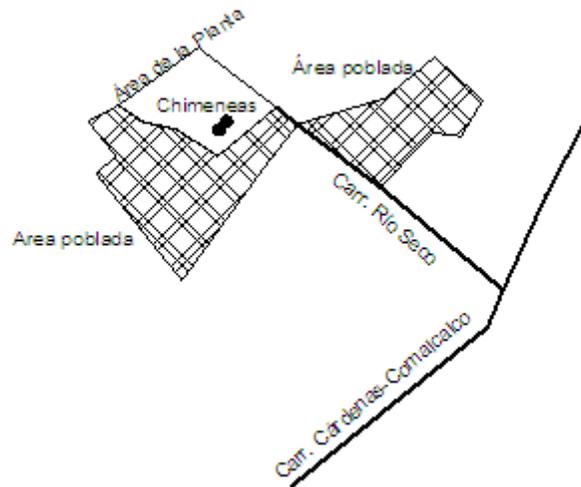


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Se calculó la tasa de emisión de SO_2 mediante la aplicación de la ecuación de balance de materiales a las tasas de consumo de combustible (ANÓNIMO, 2005b) y considerando una densidad de combustible de 1.298g/cm^3 , y un contenido de azufre de un 2.8 % (Welfare, 2007). Para el cálculo de la tasa de emisión de CO se empleó el factor de emisión recomendado por la EPA (ANÓNIMO, 2007). Los datos meteorológicos horarios se prepararon con el procesador PCRAMMET (ANÓNIMO, 2000).

Los resultados de este paquete y los datos de fuente se utilizaron como información de entrada para ejecutar el modelo ISCST (ANÓNIMO, 2005). Para interpretar los resultados se definió una red de receptores en torno a la planta y hasta una distancia de 1400 m y se estimó la concentración promedio de 24 horas, 8 horas y 1 hora para el SO_2 , CO y NO_x respectivamente para todo el periodo de estudio. Con los resultados se construyeron mapas de ISO concentración. El área crítica se identificó como aquella en donde los niveles de concentración fueron mayores.

Resultados y discusión

Los datos de fuente empleados en la modelación se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de fuente

Parámetros	Chimenea N _o 1	Chimenea N _o 2
Altura (m)	72	17.1
Diámetro (m)	6	1.9
Temperatura de salida de los gases (°C)	200	200
Velocidad de salida de los gases (m/s)	6	6

La Tabla 2 muestra las tasas semanales de consumo de combustóleo y bagazo y las tasas de emisión de SO₂ y CO correspondientes que se consideraron en este estudio.

Tabla 2. Tasa de emisión semanal de SO₂, CO, NO_x y PM10.

Semana	Combustóleo (L/sem)	Bagazo (Ton/sem)	ESO ₂ (Kg/sem)	ECO (Kg/sem)
1	131,806	4,307.8	9,581	79
2	438,227	4,260.2	31,854	263
3	419,426	5,258.6	30,487	252
4	371,235	5,550.7	26,984	223
5	376,306	11,124.8	27,353	226
6	451,522	9,658.8	32,820	271
7	409,548	12,076.9	29,769	246
8	347,993	10,694.6	25,295	209
9	335,753	12,032.0	24,405	201
10	383,816	9,678.0	27,899	230
11	359,510	10,876.4	26,132	216
12	103,119	9,719.1	7,496	62
13	64,334	9,685.2	4,676	39
14	53,246	9,507.7	3,870	32
15	49,296	9,209.1	3,583	30
16	92,986	7,212.6	6,759	56
17	100,860	9,337.5	7,331	61

La Figura 2 muestra la distribución de los vientos en el periodo de estudio. Los vientos del Este fueron los que prevalecieron, observándose un bajo porcentaje de vientos en calma. La Figura 3 muestra la tendencia horaria de la temperatura; esta osciló entre los 20 y 37 °C, con una media de 28 °C. La Figura 4 ilustra la variación diaria de la altura de la capa de mezcla de las 6 a.m. y 6 p.m. La longitud de la capa en la tarde osciló entre 30 m y 2360 m, con una media de 792 m. La altura de la capa de mezcla de la mañana varió entre 130 m y 3330 m, con una media de 1784 m.

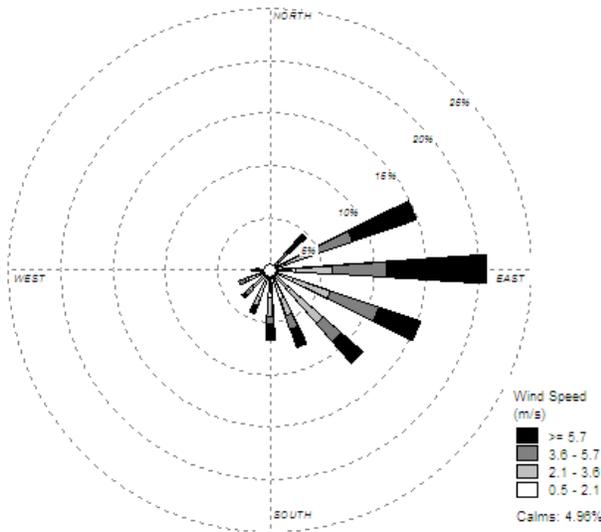


Figura 2. Frecuencia de la dirección y velocidad de los vientos de febrero a mayo de 2007.

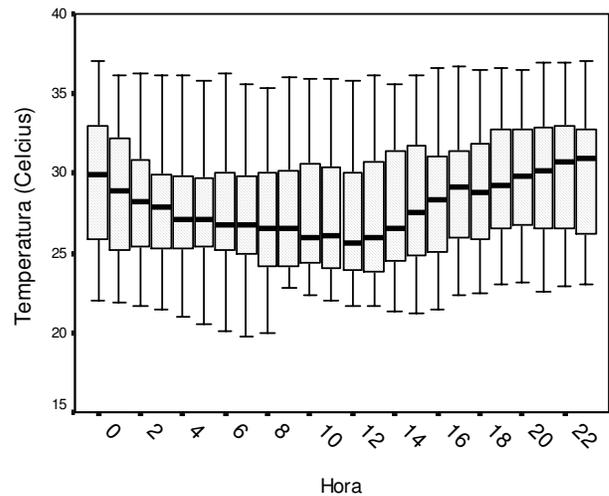


Figura 3. Tendencia horaria de la temperatura.

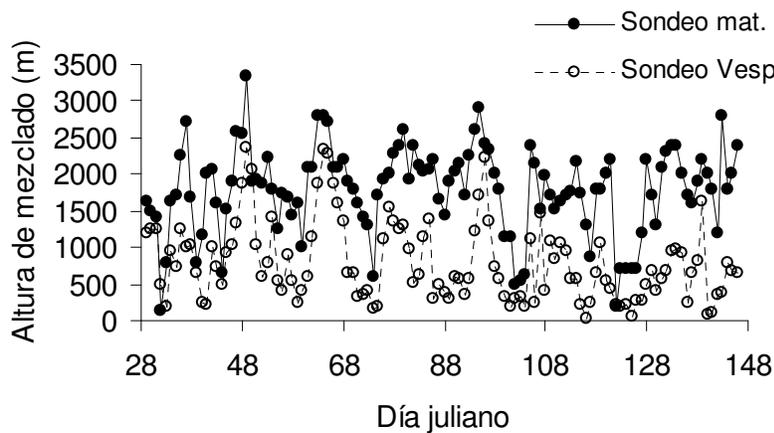


Figura 4. Variación diaria de la altura de mezclado.

Los mapas de los primeros máximos de concentración de SO₂, CO y NO_x de todo el periodo de estudio indican un área crítica en dirección S-E de la planta para los tres contaminantes y adicionalmente hacia el Norte solo para el NO_x (Figuras 5, 6 y 7). El área crítica se ubica en un área de poco asentamiento pero cercana a una carretera de alto tránsito (Cárdenas-Comalcalco) por lo que en estudios posteriores debería considerarse la contribución de las fuentes móviles. Los valores más altos de estos tres contaminantes fueron de 0.0046, 0.002 y 19.35 en µg/m³ respectivamente y no excedieron el límite máximo permisible según las normas NOM-022-SSA-1-1994 y NOM-021-SSA-1-1994.

No fue posible evaluar el desempeño del modelo como lo hacen Valdez *et al.* (2008) pues no se cuenta con estaciones de monitoreo en esta zona. Se han comparado los máximos valores simulados con las normas oficiales mexicanas correspondientes como sugieren Mendoza y Graniel (2007), sin embargo hay que tomar en cuenta que este modelo subestima las concentraciones observadas (Lazo *et al.*, 2006). No por ello los resultados no son aceptables pues los mismos investigadores concluyen que el error de predicción es menor y todavía más para los resultados en dirección del viento que es donde se ubica el área crítica.

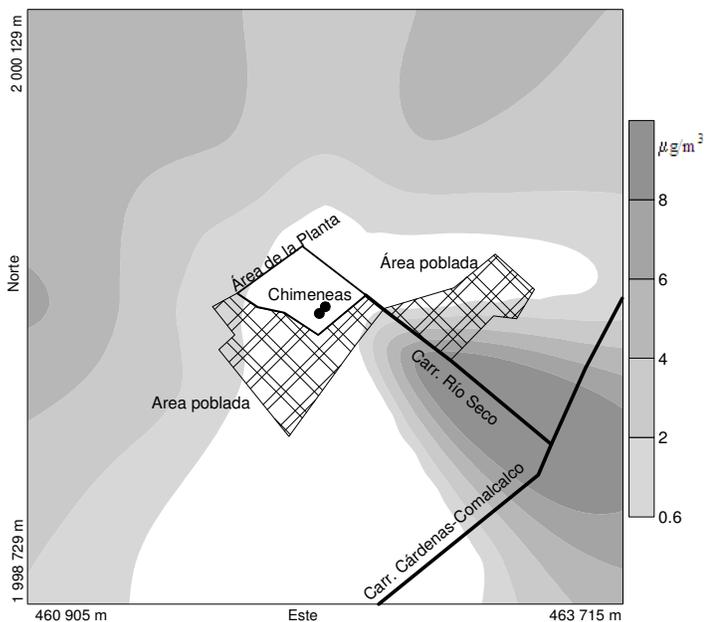


Figura 5. Distribución espacial de SO₂.

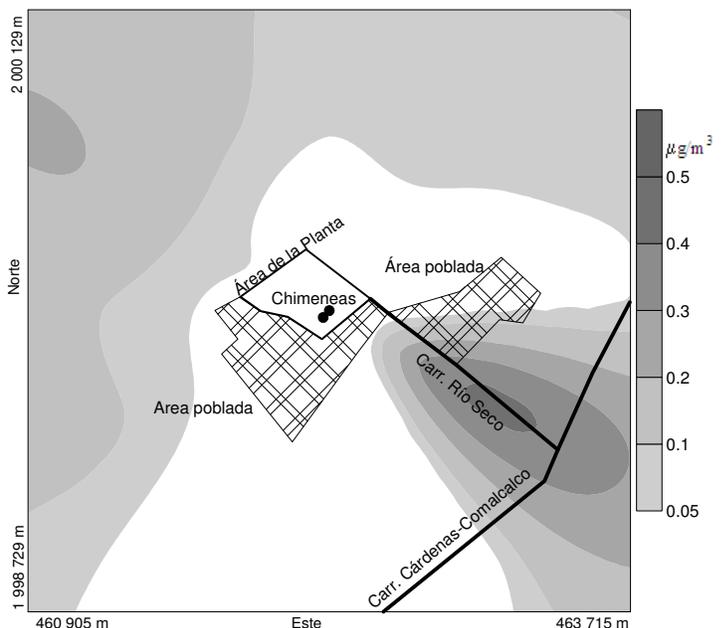


Figura 6. Distribución espacial de CO.

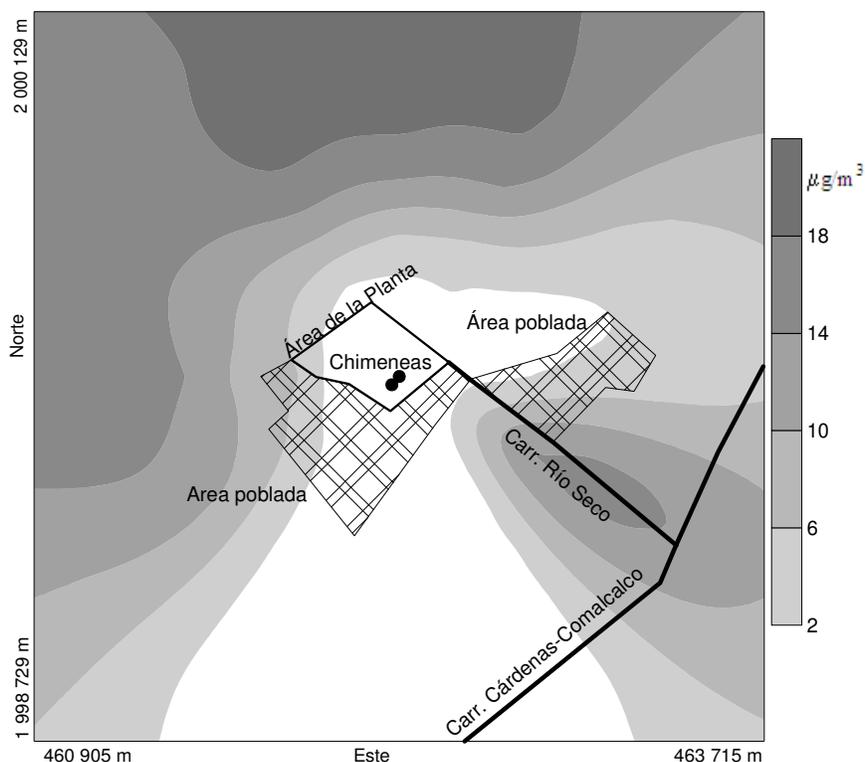


Figura 7. Distribución espacial de NOx.

Conclusiones

Los valores de SO₂ y CO obtenidos no rebasaron los límites máximos permisibles en las normas oficiales mexicanas. Sin embargo, la distribución de estos máximos para todo el periodo de estudio mostró un área crítica fuera de la planta en la dirección S-E. Hay dos áreas críticas para NOx una hacia el S-E y otra al Norte de la planta.

Referencias

- ANÓNIMO (2000) Guía del usuario PCRAMMET. Environmental Protection Agency. 73 pp.
- ANÓNIMO (2005a) Guía del usuario para el modelo de dispersión de complejo de fuente industrial (ISC3). Environmental Protection Agency. 244 pp.
- ANÓNIMO (2005b) Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, D. F, 505pp.

- ANÓNIMO (2007). AP 42 Compilation of air pollution emission factors, volume 1: stationary point and area sources. Environmental Protection Agency, 5ª edición.
- Cáliz-Gaspar JR (2006). Análisis del ciclo de vida del proceso de producción del azúcar de caña en el ingenio de Santa Rosalía del estado de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tesis de Licenciatura, 118 p. Villahermosa, Tabasco.
- Lazo P, Curé M y Gaete H (2006). Modelación de la dispersión de anhídrido sulfuroso en la comuna de Puchuncaví utilizando el programa ISCST3. Revista Chilena de ingeniería 14(3): 229-237pp.
- Mendoza A y Graniel M (2007). Evaluación de la dispersión de contaminantes emitidos por operaciones de quema de gas amargo en la sonda de Campeche. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 23(3):99-113.
- Valdés MA, Bautista MR, Ramos HS y Magaña VE (2004). Distribución espacial y estacional de las inmisiones de bióxido de azufre (SO₂) en la zona norte de Chiapas y centro de Tabasco. Revista de Divulgación Kuxulkab' X(19): 33-36 pp.
- Valdés MA, Fernández GG, Ramos HS y Bautista MR (2008). Simulación de la concentración de SO₂ emitido por fuentes fijas mayores durante 2003 en el noroeste de Chiapas y centro de Tabasco. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 24 (2):71-77.
- Welfare Ecología Industrial S.A. de C.V. (2007). Análisis de las emisiones atmosféricas del Ingenio Azucarero la Chontalpa (Santa Rosalía). Informe N° IR/07-8663-W. Cárdenas, Tabasco. 30pp.